

Mitigasi Risiko Rantai Pasok pada Pasokan Penggunaan BBM di Depo Lokomotif PT KAI Sidotopo

Dzawam Dzaky^{1*}, Siti Muhimatul Khoiroh¹

¹Jurusan Teknik Industri, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya,
Jl. Nginden Semolo No.45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118
E-mail: siti_muhimatul@untag-sby.ac.id*

Abstract

Risk is a factor that always exists in every sector of life including supply usage in PT KAI. Based on the results and discussion of this research, the conclusion is that there are 20 risk agents and 20 risk events, of which 4 priority risk agents are lack of control over fuel hoses (A13), inaccurate measuring instruments (A7), Over limit Policy (A2) and lack of clear and measurable coordination (A1). Second, there are 6 mitigation actions, namely Modification of the queue and filling system (P1), Improvement of the train supervision and monitoring system with (P2), Training and coordination staff (P3), Training of machinists and system machinists and management update (P4), Modification of fuel control data with by internet (P5), and Maintenance engineer properly and scheduled (P6). Where the most effective solutions based on HOR Phase 2 are respectively PA 2, PA 3, PA 4 PA 6, PA 5 and PA 1. Meanwhile based on AHP they are PA 2, PA 1, PA 5, PA 6, PA 3 and PA 4. So the alternative solutions developed are PA 2, PA 3 and PA 4.

Keywords: AHP, HOR, Fuel Usage, Risk Mitigation

Abstrak

Risiko merupakan faktor yang selalu ada dalam setiap sektor kehidupan termasuk penggunaan pasokan di PT KAI. Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini, didapatkan kesimpulan sebagai bahwa Terdapat 20 agen risiko dan 20 kejadian risiko Dimana 4 agen risiko prioritas yakni Kurangnya kontrol terhadap selang bahan bakar (A13), Alat ukur yang tidak akurat dalam menentukan kebutuhan dan distribusi pegawai untuk bekerja di luar kapasitas (A2) dan Kurangnya koordinasi yang jelas dan terukur (A1). Kedua, Terdapat 6 aksi mitigasi yakni Modifikasi sistem antrian dan sistem pengisian ganda(A1), Perbaikan sistem pengawasan dan monitor kereta api (A2), Pelatihan dan koordinasi pegawai pengisi dengan menghire manajemen dan tenaga pendidik (A3, Pelatihan dan pembaharuan manajemen masinis dan asistem masinis (A4), Modifikasi data kontrol BBM dengan sistem IOT (A5), dan Maintenance dan perawatan mesin kereta api secara terjadwal (A6). Dimana Solusi paling efektif berdasarkan HOR Fase 2 berturut turut adalah PA 2, PA 3, PA 4 PA 6, PA 5 dan PA 1. Sedangkan berdasarkan AHP adalah PA 2, PA 1, PA 5, PA 6, PA 3 dan PA 4. Sehingga Solusi alternatif yang dikembangkan adalah PA 2, PA 3 dan PA 4.

Kata kunci: AHP, HOR, bahan bakar, Manajemen risiko

1. Pendahuluan

Kereta api merupakan sarana transportasi masyarakat yang telah digunakanselama berabad-abad. Dalam perkembangannya, kereta api telah menggunakan sumber tenaga yang dimulai dengan menggunakan batu bara pada abad ke 17. Kemudian dilanjutkan dengan menggunakan tenaga bahan bakar minyak atau BBM. Dan puncaknya, pada akhir dekade ini menggunakan Listrik sebagai sumber tenaga. Keberadaan kereta api ini dianggap menguntungkan. Sebab, kereta api ini digunakan untuk TRANSPORTASI massal yang dapat mengurangi kemacetan dan berbagai risiko lainnya. Hal tersebut membuat pemerintah untuk mengupayakan pengembangan kereta api dari segi jalan dan lain sebagainya yang berdampak pada pasokan bahan bakar kereta api. Di negara Indonesia. Industri yang menaungi kereta api adalah PT KAI

Pasokan bahan bakar menjadi elemen penting dalam industri kereta api, sebab adanya bahan bakar menentukan kualitas dari PT KAI. Pasokan ini tentu saja memiliki keunggulan dan kerugian, sehingga perlu dilakukan perencanaan yang lebih mendalam mengenai pasokan BBM. Dalam pemasokan BBM tersebut terdapat beberapa risiko dalam upaya mitigasi pasokan BBM seperti faktor manusia, pengawasan dan monitoring, Potensi rugi pada pengelolaan BBM dan faktor lingkungan, dimana mengacu pada permasalahan tersebut, PT. KAI menghadapi permasalahan baru yaitu ketersediaan bahan bakar untuk menjalankan layanannya. Dalam pelaksanaannya sebelum tahun 2012, PT. KAI menggunakan skema loko dari mana bahan bakar diangkut Depo BBM Pertamina ke PT. Tangki penyimpanan KAI, dimana PT. KAI harus menyewa lebih banyak layanan transportasi, mengelola ketersediaan dan menjaga kualitas bahan bakar

sekaligus mendistribusikannya ke tangki kereta api secara mandiri [1]. [2].

konsumsi BBM yang dikirim ke stasiun Surabaya tiap minggu nya mengalami perubahan. Peningkatan yang signifikan terjadi pada minggu ke 3 untuk rute Surabaya madiun dan minggu ke 3 untuk rute Surabaya malang. Perbedaan BBM yang dikirim mengindikasikan perbedaan konsumsi yang dikirim mengingat bahwa penggunaan BBM untuk masing-masing lokomotif adalah berbeda. Adapun risiko ini disebabkan oleh beberapa hal seperti 1) keahlian masinis dan asisten masinis dalam mengemudikan Kereta Api 2) Perhitungan atau estimasi yang keliru 3) kesalahan kalibrasi alat ukur pada kereta api. Jika hal ini dibiarkan, maka akan berdampak kepada Kualitas mesin , biaya pokok bahan bakar yang digunakan sesuai dengan laju kereta api dan keterlambatan pengiriman karena masinis harus mengatur seberapa cepat kereta api dengan mempertimbangkan bahan bakar. Hal tersebut menjadi penting untuk diperhatikan, sebab apabila hal tersebut dibiarkan maka akan terjadi kerugian yang besar dan biaya produksi yang membengkak sehingga dapat berakibat pada biaya produksi bahan bakar kereta api. Kemudian analisis dilakukan untuk memperhatikan dampak dari keterlambatan pengiriman. Keterlambatan tersebut mengharuskan masinis untuk mempercepat laju, sehingga kebutuhan konsumsi meningkat dan dapat berakibat pada kebutuhan BBM. Proses pengisian dan pengiriman bahan bakar yang terlambat akan menyebabkan proses yang lain tidak berjalan dengan maksimal. Proses pengisian yang tidak sesuai jadwal mengakibatkan jam tunggu menjadi naik. Apabila jam tunggu tersebut naik, maka antrian menjadi macet. Dan hal ini yang menyebabkan keterlambatan pada kereta api. Kedua adalah masalah yang berkaitan dengan proses pengiriman. Apabila proses pengiriman tidak sesuai jadwal, maka proses selanjutnya menjadi tidak lancar. Akibatnya, kereta api tidak berangkat sesuai jadwal ataupun harus menambah kecepatan untuk menyesuaikan jadwal yang akan berakibat pada konsumsi BBM. Kedua masalah tersebut akan berdampak pada bisnis, berdampak pada kepuasan pelanggan yang berpengaruh terhadap PT KAI[3]

kebutuhan BBM bervariasi setiap harinya. Sebagai contoh, keterlambatan pada tanggal 1 Februari menunjukkan perubahan kebutuhan dana hingga 2 juta rupiah. Sedangkan keterlambatan untuk tanggal 3 Januari 2024 menunjukkan perubahan konsumsi dengan perbedaan 3 juta rupiah. Hal tersebut terjadi karena konsumsi kereta api yang berbeda sehingga kebutuhan kereta api meningkat. Hal tersebut dapat berpengaruh terhadap harga konsumsi BBM setiap hari. Berdasarkan masalah yang ditunjukkan tabel 1.8 dan tabel 1.7, maka diperlukan suatu mitigasi untuk meminimalisir risiko.

Dalam mengatasi masalah tersebut, Agar bisnis berhasil menavigasi potensi risiko, aliran proses yang efisien di seluruh rantai pasokan sangatlah penting. (Farhana et al., 2019). Proses manajemen tersebut

tentunya diperlukan suatu metode guna meminimalisir risiko dan meningkatkan kemampuan bersaing. Salah satu metode yang digunakan adalah metode house of risk. House of Risk merupakan metode yang sudah dikembangkan dari metode Quality Function Deployment (QFD) dan Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) yang berfungsi untuk merancang framework dalam mengelola risiko[4]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh pramuditha pada tahun 2020 menunjukkan bahwa metode penanganan risiko adalah dengan cara koordinasi, peningkatan kualitas SDM, efisiensi penggunaan BBM dengan aturan, dan pembenahan sistem pemantauan[5]. Dalam proses pemobatan dari risiko tersebut dapat digunakan metode AHP. AHP digunakan untuk mengatasi ketidakpastian dan ketidakjelasan tentang subjektivitas dari para penilai dengan atribut ganda sehingga nantinya dapat diambil Keputusan yang terbaik[6], [7]. Selain itu, AHP digunakan untuk menghitung Solusi yang paling efektif, efisien dan hemat biaya[8]. Dengan demikian metode gabungan dengan menggunakan HOR dan AHP digunakan sebagai penilaian yang digunakan untuk memberikan penilaian yang terbaik.

Penelitian yang dilakukan oleh Spanidis pada tahun 2021 menunjukkan bahwa AHP digunakan untuk menilai risiko seperti risiko Atmosfir, hidrologi, kebumihan , kebakaran dan biologi pada sektor tambang. Penelitian ini memberikan kesimpulan bahwa yang paling berisiko adalah risiko atmosfer sebesar 39%[9]. Pembobotan yang sama juga dilakukan pada penelitian Dias pada tahun 2021. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa risiko terbesar terletak pada keterlambatan pengiriman[10]. Penelitian yang melibatkan AHP dan HOR telah banyak dilakukan dan terbukti mampu mengidentifikasi prioritas masalah-masalah[8], [11], [12].

2. Metodologi

House of Risk (HOR) yang digunakan pada penelitian ini merupakan metode yang dikembangkan dari dua metode QFD (*Quality Function Deployment*) dan FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) yang digunakan merancang kerangka kerja dalam mengelola risiko[1]. Metode ini dikembangkan oleh Geraldine Laudine dan Nyoman Pujawan[2]. FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) merupakan cara yang efektif untuk menyelesaikan masalah, selain itu FMEA digunakan untuk menentukan mode potensial dan analisis efek kegagalan. QFD (*Quality Function Deployment*) merupakan salah satu metode yang berhasil digunakan dalam proses produk desain; menggunakan House of quality (HOQ), yang mampu menerjemahkan kebutuhan pelanggan ke dalam spesifikasi desain yang memiliki tahapan sebagai berikut:

1. Fase 1 HOR

Fase ini meliputi bentuk bentuk sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi kejadian risiko (Si) dan agen risiko (Aj) dalam proses produksi
- b. Mengidentifikasi dampak pada masing-masing variabel yang diberikan dengan indeks Si Adapun skala nilai dampak ditunjukkan pada tabel 1

Tabel 1.

keterangan penjelasan occurrence (S) [3], [4]

Peringkat	Severity	Deskripsi
1	No	Tidak ada Gangguan dari risiko
2	Very Slight	Gangguan sangat kecil
3	Slight	Gangguan kecil
4	Minor	Gangguan sedang
5	Moderate	Gangguan cukup besar
6	Siggnificant	Gangguan besar
7	Major	Gangguan sangat besar
8	Extreme	Gangguan Parah
9	Serious	Gangguan Serious
10	Hazardous	Gangguan Berbahaya

- c. Identifikasi faktor risiko masing-masing variabel Sj beserta jumlah kemunculan risiko O yang ditunjukkan pada tabel 2

Tabel 2

Tabel Keterangan penjelasan Severity [3], [4]

Peringkat	Severity	Deskripsi
1	Never	Penyebab hampir tidak pernah terjadi
2	Remote	Penyebab jarang muncul
3	Very Slight	Penyebab sangat sedikit muncul
4	Slight	Penyebab sedikit muncul
5	Low	Kemunculan penyebab rendah
6	Medium	Kemunculan penyebab sedang
7	Moderately High	Kemunculan penyebab cukup tinggi
8	High	Kemunculan penyebab tinggi
9	Very High	Kemunculan penyebab sangat tinggi
10	Almost certain	Kemunculan penyebab sering

- d. Hitung nilai ARP dari Aj dengan menggunakan persamaan berikut:

$$ARP = O_j \times s_i \times R_{ij} \quad (1)$$

Dimana O menyatakan probabilitas S menyatakan agen dan R menyatakan korealsi antara agen risiko dan kejadian risiko[5]

2. Fase 2 HOR

- a. Menyusun tindakan mitigasi atau preventif (PAk) berdasarkan prioritas Sj
- b. Tentukan korelasi antara Aj dan PAk dengan ketentuan sebagai berikut: 0: tidak

ada korelasi, 1: korelasi lemah, 3: korelasi sedang, dan 9: korelasi kuat

- c. Hitung total nilai efektivitas masing-masing PAk dengan rumus di bawah ini:

$$T_{EK} = ARP_j \times E_{JK} \quad (2)$$

- d. Mengukur tingkat kesulitan penerapan PAk dengan skala dan ketentuan sebagai berikut: 3: rendah 4: sedang 5: tinggi
- e. Hitung efektivitas rasio kesukaran (ETDk) dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$ETD_k = TED_K \times D_k \quad (3)$$

- f. Menentukan prioritas PAk berdasarkan nilai ETDk

Langkah ini dilakukan untuk mengetahui prioritas risiko berdasarkan pemeringkatan yang telah dilakukan

3. Pembobotan dengan AHP

Sebagai dasar metodologi AHP melibatkan penempatan keputusan yang kompleks dalam hierarki tujuan, kriteria, dan alternatif, melakukan perbandingan semua elemen di setiap tingkat hierarki keputusan dilakukan secara berpasangan dengan setiap kriteria di tingkat hierarki sebelumnya, dan secara vertikal mensintesis penilaian pada berbagai tingkat hierarki AHP telah diterapkan sebagai alat pengambilan keputusan dalam banyak konteks karena kemudahannya. AHP biasa di aplikasikan kedalam beberapa permasalahan diantaranya : pemilihan teknik pemeliharaan strategis, identifikasi lokasi akuakultur potensial di lanskap garam surya, penilaian kerentanan ekologis, penilaian risiko, evaluasi proyek konstruksi kereta api berkecepatan tinggi (HSR), pemilihan lokasi yng cocok untuk tenaga angin di Pakistan, dan pemilihan jenis bus listrik di polandia[5].Langkah-langkah pengimplementasikan AHP secara singkat dapat digambarkan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Menyusun jenis kriteria yang akan digunakan dalam pengambilan keputusan
- b. Menyusun kriteria berdasarkan skala matriks berpasangan untuk membandingkan antar kriteria. Adapun kriteria tersebut dinyatakan dengan matriks:

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & A_{nn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Dimana A dapat ditulis:

$$A_{ij} = \frac{1}{A_{ji}} ; ij \neq 0 \quad (5)$$

Matrik A menyatakan kriteria kriteria ke i dengan pemilihan ke j dari masing masing penilai. Pada langkah ini, normalisasi dan bobot relatif ditemukan untuk setiap matriks. Bobot relatif diberikan oleh *eigenvector* (w) yang sesuai dengan nilai eigen terbesar (λ_{max}), menurut penelitian sebelumnya.

$$A_{\omega} = \alpha \max \times \omega \quad (6)$$

Dengan A adalah bobot relatif yang nanti digunakan untuk menentukan perhitungan dari masing-masing kriteria. Kualitas output AHP sangat terkait dengan konsistensi penilaian perbandingan berpasangan. Adapun penilaian tersebut diberikan oleh Tabel Berikut:

Tabel 3
Penilaian AHP [5]

Urgensi	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Kedua elemen penyumbangnya sama besar satu dengan lainnya
3	Elemen yang satu sangat penting daripada elemen lain	Pengalaman dan pertimbangan sedikit menyokong atas elemen lainnya
5	Satu elemen jelas lebih penting daripada elemen lain	Pengalaman dan pertimbangan dengan kuat satu elemen atas elemen lainnya
7	Satu elemen mutlak dari elemen lain	Satu elemen dengan kuat disokong dan dominannya telah terlihat dalam praktek
9	Satu elemen penting daripada elemen lain	Bukti yang menegaskan elemen satu lebih tinggi dari elemen lain yang memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai-nilai tengah diantara dua pertimbangan yang berdekatan	Jika dibutuhkan kompromi

c. Pengecekan konsistensi

Hal ini perlu dilakukan pengukuran matriks perbandingan berpasangan untuk konsistensi. Misalkan kriteria 1 lebih penting daripada kriteria 2 dan jauh lebih penting daripada kriteria 3. Logikanya, kriteria 2 lebih penting daripada kriteria 3. Jika ahli menilai kriteria 2 kurang penting dibandingkan kriteria 3, maka penilaian antara kriteria 1, 2 dan 3 bertentangan. Langkah ini memakan waktu tempat setelah matriks perbandingan dibuat. Pengecekan konsistensi ini diberikan oleh persamaan:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

$$CI = \left(\frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \right) \quad (8)$$

Dimana CI merupakan nilai dari Tingkat konsistensi dengan menghitung nilai eigen dari matriks RI merupakan nilai random indeks ditunjukkan oleh tabel berikut:

Tabel 4.
Nilai *Randomness index*[5]

Ukuran Matrik	Indeks random
1	0
2	0
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49

d. Pembobotan

Proses ini dilakukan dengan menghitung vektor prioritas dan nilai eigen. Hasil tersebut kemudian dikalikan. Dalam penelitian ini, bobot relatif yang disusun adalah kriteria berupa aksi mitigasi risiko. Hal ini dilakukan guna mendapatkan kriteria terbaik yang akan disusun pada penelitian[6]

3. Hasil dan Pembahasan

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengikuti HOR Fase 1 dan HOR Fase II. Pemetaan ini dilakukan untuk menilai occurrence dan severity pada agen risiko dan kejadian risiko yang diberikan oleh tabel berikut:

3.1. Identifikasi Risiko dengan HOR Fase I

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengikuti HOR Fase 1 dan HOR Fase II. Pemetaan ini dilakukan untuk menilai occurrence dan severity pada agen risiko dan kejadian risiko yang diberikan oleh tabel berikut:

Tabel 5.
Daftar nilai agen risiko beserta nilai occurrence

Kode	Agen Risiko	Occurrence
A1	Kurangnya koordinasi yang jelas dan terukur	8
A2	Kebijakan yang mengharuskan pegawai untuk bekerja di luar kapasitas	7
A3	Kurangnya pelatihan bagi para SDM	5
A4	Tidak adanya struktur yang jelas antar pegawai satu dengan pegawai yang lain	5
A5	tidak adanya pengawasan bagi masinis dalam mengoperasionalkan kereta api	7
A6	Keterlambatan pengiriman dari vendor	7
A7	Alat ukur yang tidak akurat dalam menentukan kebutuhan BBM	7
A8	tidak ada pelaporan yang terstruktur antara jumlah BBM yang dikeluarkan dengan disalurkan	7
A9	tidak ada pelaporan yang efisien dan praktis yang berhubungan dengan internet	7

A10	sistem antrian pengisian lokomotif yang tidak praktis dan efisien	5
A11	Kecelakaan moda transportasi pengirim bahan bakar supply	5
A12	Tidak terdapat pegawai yang kreatif dan inovatif	3
A13	Kurangnya kontrol terhadap selang bahan bakar	6
A14	Tidak terdapat pegawai ahli yang mampu merumuskan secara pasti kebutuhan BBM	8
A15	Adanya kebijakan yang membatasi pegawai	5
A16	Terjadinya ledakan akibat bahan bahan elektronik	2
A17	Kurang atau tidak ada perawatan mesin kereta api secara berkala	5
A18	Tidak ada sistem yang efisien dalam mengontrol kualitas kereta api	6
A19	Proses pemasangan lokomotif yang memakan waktu lebih lama	6
A20	Kesalahan pelaporan yang tidak sesuai	8

Sedangkan Nilai Severity ditunjukkan oleh tabel berikut:

Tabel 6 Daftar nilai kejadian risiko beserta nilai severity

Kode	Kejadian Risiko	Severity
E1	Perubahan jadwal pengiriman	4
E2	Kesalahan estimasi kebutuhan bahan bakar per bulan	4
E3	Ketidaksesuaian SDM dalam mendistribusikan supply	5
E4	Ketidaksesuaian kemampuan SDM dan jumlah jam kerja	6
E5	Keterbatasan kemampuan masinis dalam mengoperasikan bahan bakar secara efisien	7
E6	Kesalahan estimasi stok cadangan BBM	5
E7	Peningkatan biaya operasional	7
E8	Terjadi losses akibat kebocoran saat pengiriman	5
E9	Terjadi losses akibat penguapan saat pengisian	5
E10	Kesalahan instrumen alat ukur konsumsi bahan bakar	5
E11	Terjadinya polusi udara	4
E12	Risiko kebakaran bahan bakar	3
E13	Terjadinya Illegal Tapping	7
E14	Kebocoran pipa atau tangki	3
E15	Kecelakaan moda transportasi pengiriman	4
E16	Keterlambatan pengiriman	6
E17	Penurunan kualitas bahan bakar	3
E18	Keterlambatan pengisian akibat sistem antrian	7
E19	Pegawai tiba tiba sakit dan mendadak tidak dapat masuk	5
E20	Tidak terdapat pencadangan BBM untuk mengantisipasi keterlambatan	5

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan telah ditunjukkan bahwa masalah yang paling sering muncul adalah kurangnya koordinasi antara elemen pekerja. Kemudian pekerjaan yang *overload* di luar kapasitas dan disusul oleh keterlambatan pada vendor, kesalahan alat ukur penggunaan BBM serta tidak ada pelaporan yang praktis dan rinci mengenai penggunaan BBM. Hal itu

dapat berdampak pada kejadian risiko. Hal ini sejalan dengan penelitian yang sebelumnya [7] [8]. Dalam penelitian yang dilakukan oleh pramuditha pada tahun 2022 dan sitaba pada tahun 2022 menunjukkan bahwa dalam rantai pasok bahan bakar salah satu penyebab masalah terbesar adalah sabotase dan pekerjaan yang melebihi kapasitas.

Analisa berikutnya dihitung untuk mengetahui Analisa risiko sebanyak 20. Risiko yang paling berdampak terhadap kerugian penggunaan BBM adalah keterbatasan masinis, peningkatan biaya operasional, keterlambatan pengisian dan terjadinya Illegal Tapping. Hal tersebut dapat terjadi akibat adanya agen risiko. Kejadian risiko tersebut dapat berdampak kerugian PT KAI. Akibat dari keterbatasan masinis adalah ketidakmampuan dalam menghemat biaya, adanya illegal tapping, peningkatan biaya operasional dan keterlambatan pengisian yang baik secara langsung maupun tidak berpengaruh terhadap *budget* PT KAI. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [7], [8]. Penelitian yang sama juga menunjukkan bahwa risiko yang paling berdampak adalah adanya sabotase termasuk illegal tapping, serta adanya keterlambatan pengisian dari vendor maupun kesalahan pengiriman[9], [10].

Selanjutnya dihitung ARP yang merepresentasikan hubungan antara Agen Risiko dengan kejadian risiko. Perhitungan ARP ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 7
Nilai ARP pada masing-masing agen risiko

Kode agen risiko	Nilai ARP
A13	2460
A7	2373
A2	2247
A1	2056
A8	2016
A9	1778
A5	1666
A20	1656
A4	1520
A3	1510
A18	1476
A6	1407
A10	1340
A14	1248
A15	1055
A11	1050
A19	774
A17	385
A12	183
A16	168

Berdasarkan perhitungan nilai ARP didapatkan bahwa risiko yang paling berdampak adalah A13, A7, A1 dan A2. A13 merupakan kurangnya kontrol dan pengawasan terhadap bahan bakar. Kelalaian pihak yang terjadi pada proses pengisian akan menyebabkan beberapa hal-hal yang tidak terduga terjadi. Hal tersebut dapat berdampak pada terjadinya loss baik bocor maupun menguap serta terjadinya pencurian atau sabotase terhadap proses pengisian yaitu kejadian risiko E10 hingga E16. A7 merupakan kesalahan alat ukur, kesalahan ini akan berdampak pada estimasi dan jarak pengiriman yaitu E1, E11 hingga E16. Selain itu juga berdampak pada proses kontrol. A1 dan A3 adalah keterlambatan pengiriman dan kurangnya pelatihan bagi SDM pekerja. Hal ini tentu saja berdampak kepada seluruh sektor yang membutuhkan manusia. Sehingga A1 dan A3 masing-masing berdampak pada hampir semua kejadian risiko. Hal ini menandakan bahwa kualitas dari SDM pekerja akan mempengaruhi pada efektivitas kerja dan manajemen Perusahaan. Sehingga persoalan SDM perlu diatasi dengan seksama. Hal ini senada dengan penelitian sebelumnya bahwa faktor manusia dapat mempengaruhi kinerja rantai pasok. [7], [8], [10]. Berdasarkan permasalahan tersebut disusun sebuah diagram pareto. Berdasarkan diagram pareto didapatkan 20% dari risiko yaitu sebanyak 4 risiko prioritas.

3.2. Penyusunan Aksi mitigasi berdasarkan AHP dan HOR Fase II

HOR fase 2 ini digunakan untuk menentukan mitigasi risiko yang paling efektif untuk meminimalisir kemungkinan kejadian risiko berdasarkan agen risiko. Beberapa aksi mitigasi didapatkan melalui referensi dari berbagai sumber serta wawancara langsung dengan expert dengan mempertimbangkan tingkat kesulitan serta keefektifannya saat diterapkan. Adapun aksi mitigasi yang disusun ditunjukkan tabel berikut:

Tabel 8
Deskripsi aksi mitigasi

Kode	Deskripsi
PA 1	Modifikasi sistem antrian dan sistem pengisian menjadi sistem antrian ganda dan pengisian ganda
PA 2	Perbaikan sistem pengawasan dan monitor kereta api dengan sistem warroom
PA 3	Pelatihan dan koordinasi pegawai pengisi dengan menghire manajemen dan tenaga pendidik
PA 4	Pelatihan masinis dan asistem masinis mengenai pengoperasionalan BBM dengan memperbarui manajemen dan tenaga pendidik

PA 5	Modifikasi data kontrol BBM dengan sistem IOT agar lebih mudah diawasi
PA 6	Maintenance dan perawatan mesin kereta api agar efisien secara berkala dan terjadwal

Data tersebut kemudian dihitung nilai TED dan ETD nya sehingga didapatkan nilai sebagai berikut:

Tabel 9.
Penilaian HOR Fase II

	PA 1	PA 2	PA 3	PA 4	PA 5	PA 6
TEK	26443	69315	41100	41100	27525	36378
Tingkat kesulitan	5	3	3	3	5	3
ETD	5288.6	23105	13700	13700	5505	12126

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa prioritas berturut turut adalah PA 3, PA 7, PA 4, PA 6, PA 5 dan PA 1. Untuk melengkapi aksi mitigasi maka akan dilakukan pembobotan berdasarkan AHP. menggunakan Analisa BCOR yang akan dibobotkan. Matrik tersebut digunakan sebagai kriteria untuk memilih aksi mitigasi yang akan direncanakan. Sehingga penilaian pertama adalah menghitung perbandingan antar kriteria yakni *benefit*, *cost*, *opportunity* dan *risk*. Sehingga proses pertama adalah mengumpulkan data hasil resume para peneliti yang selanjutnya dihitung rata-rata menggunakan nilai *geometric mean* yang nanti menjadi matriks berpasangan yakni:

Tabel 10.

Resume *Geometric Mean*

Kode	Geometric mean
B VS C	4.037
B VS O	6.05
B VS R	7.064
C VS O	7.224
C VS R	8.066
O VS R	4.085

Tabel 11

Matriks berpasangan

	B	C	O	R
B	1	0.247	0.165	0.141
C	4.03	1	0.138	0.123
O	6.05	7.22	1	0.244
R	7.06	8.06	4.085	1

Selanjutnya, perhitungan dilakukan untuk menghitung nilai dari eigen dan vector prioritas sehingga didapatkan nilai sebagai berikut:

Tabel 12

Bobot dan nilai eigen

bobot	Nilai eigen
0.0485	0.882

bobot	Nilai eigen
0.0976	1.614
0.2794	1.141
0.5742	0.574

Mula mula dihitung nilai total eigen, dan kemudian dengan menggunakan persamaan 2,7- 2.8 akan diuji konsistensi dari data tersebut. Sehingga didapatkan konsistensi data berikut yakni:

$$CI = \left(\frac{\gamma_{max} - n}{n-1} \right) = \frac{4.213719622 - 4}{3} = 0.07$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.07}{0.09} = 0.071$$

Dengan demikian data dinyatakan konsisten karena memiliki nilai CR 0.071. selanjutnya, nilai bobot yang telah dihitung dapat digunakan. Sehingga nilai bobot untuk masing-masing alternatif berdasarkan nilai bobot adalah sebagai berikut:

Table 13 Pembobotan aksi mitigasi berdasarkan AHP dan HOR Fase II

Proses setelah identifikasi risiko adalah proses penyusunan aksi mitigasi. Proses aksi mitigasi ini melibatkan 6 solusi alternatif yang ditunjukkan oleh table diatas. proses ini dilakukan dengan studi literatur dan validasi oleh para ahli. Kemudian , berdasarkan pendapat para ahli direduksi sehingga didapatkan 6 solusi alternatif. Analisa Solusi ini dilakukan dengan 3 tahap yang dimulai menghitung nilai efektivitas Solusi terhadap 4 masalah. Hal ini dilakukan untuk menghitung seberapa berdampak Solusi tersebut mencegah agen risiko yang akan terjadi. Hal tersebut dihitung dengan mengkalikan antara hubungan risiko dengan ARP. Langkah kedua adalah menentukan derajat kesukaran risiko tersebut dilakukan. Hal yang paling susah dilakukan adalah PA 3 dan PA 5 yang berkaitan dengan pembenahan instrument. Selanjutnya didapatkan angka efektifitas dengan menghitung nilai efektivitas dibagi derajat risiko. Berdasarkan perhitungan ARP didapatkan yang paling efektif adalah A2 yaitu Perbaikan sistem pengawasan dan monitor kereta api dengan sistem warroom. Dengan adanya pengawasan yang signifikan diharapkan mampu untuk mengawasi secara periodik terkait penggunaan BBM , Koordinasi maupun pengawasan kebijakan. Sehingga keberadaan masalah cepat untuk diatasi. Hal ini senada dengan penelitian yang dilakukan Pramuditha dan Sitaba pada tahun 2022[7], [8].

Pembobotan selanjutnya adalah dilakukan dengan menggunakan AHP. Metode ini dihitung untuk menentukan alternatif Solusi aksi mitigasi berdasarkan manfaat baik jangka pendek, panjang maupun menengah. Kemudian nilai biaya yang dikeluarkan apakah relatif murah atau tidak, berikutnya adalah nilai peluang bisnis yang dihasilkan dari risiko dan dampak atau risiko lanjutan dari aksi mitigasi yang ditimbulkan. Berdasarkan hasil *geometric mean* menunjukkan bahwa cost memiliki nilai yang lebih diperhatikan, kemudian

aspek cost, opportunity dan diakhiri dengan risk. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai geometric mean yang besar untuk perbandingan. Hal tersebut selanjutnya disusun dalam matriks berpasangan yang ditunjukkan oleh tabel 4.11. Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai bobot terbesar adalah nilai bobot cost. Selanjutnya dihitung nilai konsistensi. Dari data yang telah dianalisa didapatkan bahwa konsistensi sebesar 6.78% sehingga data dinyatakan konsisten dan dapat dilanjutkan pada proses analisis. Setelah dilakukan analisa, maka selanjutnya nilai tersebut dijadikan bobot untuk dikalkulasi dengan penilaian para judgement terkait PA1 hingga PA 6.

Berdasarkan perhitungan bobot yang telah dilakukan didapatkan bahwa Solusi yang paling bermanfaat adalah PA2 dan PA3 yaitu mendidik para masinis dan pegawai agar dapat bekerja sesuai kapasitas secara efektif dan efisien. Sedangkan Solusi dengan biaya paling murah adalah pelatihan dan modifikasi kontrol BBM. Selain itu pendidikan para pegawai dan masinis juga memberikan kontribusi lain terhadap PT KAI. Namun hal yang paling memberi sedikit dampak resiko adalah modifikasi sistem antrian dan pengawasan kontrol BBM. Dengan demikian , Solusi yang paling optimal adalah dengan melakukan pengawasan dan kontrol dengan menambah ruang pengawas, modifikasi sistem antrian dan pembaharuan sistem BBM dengan IOT.

Analisa dengan AHP dan dengan HOR fase 2 kemudian di bandingkan. Solusi yang paling optimal adalah dengan memasang sistem warroom yang efektif, manfaat jangka panjang, memiliki keuntungan bisnis dan berpeluang menyelesaikan masalah-masalah lain yang ditimbulkan. Kemudian dilanjutkan PA 3, dan PA 4 yang merupakan pelatihan SDM sehingga mampu menyelesaikan masalah-masalah yang berhubungan dengan SDM. Selain PA 3 dan PA 4 adalah Solusi yang paling efektif, Solusi ini adalah Solusi yang memiliki manfaat jangka panjang, menguntungkan dan berpeluang menyelesaikan masalah-masalah yang lain. Selanjutnya Solusi alternatif yang paling optimal dan efektif adalah PA 6, PA 5 dan PA 1. Hal ini menunjukkan beberapa kesimpulan singkat bahwa sistem warroom yang terhubung IOT merupakan kunci untuk mengontrol data penggunaan BBM maupun logistic BBM. Dengan demikian terjadinya kerusakan maupun masalah-masalah lain yang akan ditimbulkan dapat teratasi maupun tercegah dengan baik. Selanjutnya, adalah masalah yang berkaitan dengan SDM. Dengan mendatangkan para ahli untuk mengecek maupun mendidik para pegawai dapat meningkatkan kinerja pegawai secara efisien sehingga tidak perlu menambah jam kerja. Dengan demikian, terjadinya risiko dapat diminimalisir dengan baik. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pramuditha dan sitaba pada tahun 2022, septifani pada tahun 2019 dan sukendar[7], [8], [11]. Dengan demikian , maka yang didahulukan adalah perbaikan sistem kontrol dan perbaikan mutu kerja dari sumber daya manusia.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini, didapatkan kesimpulan sebagai bahwa Terdapat 20 agen risiko dan 20 kejadian risiko Dimana 4 agen risiko prioritas yakni Kurangnya kontrol terhadap selang bahan bakar (A13), Alat ukur yang tidak akurat dalam menentukan kebutuhan dan distribusi BBM (A7), Kebijakan yang mengharuskan pegawai untuk bekerja di luar kapasitas (A2) dan Kurangnya koordinasi yang jelas dan terukur (A1). Kedua, Terdapat 6 aksi mitigasi yakni Modifikasi sistem antrian dan sistem pengisian menjadi sistem antrian ganda dan pengisian ganda(A1), Perbaikan sistem pengawasan dan monitor kereta api dengan sistem warroom(A2), Pelatihan dan koordinasi pegawai pengisi dengan menghire manajemen dan tenaga pendidik (A3) , Pelatihan masinis dan asistem masinis mengenai pengoperasionalan BBM dengan memperbarui manajemen dan tenaga pendidik(A4), Modifikasi data kontrol BBM dengan sistem IOT agar lebih mudah diawasi(A5), dan Maintenance dan perawatan mesin kereta api agar efisien secara berkala dan terjadwal (A6). Dimana Solusi paling efektif berdasarkan HOR Fase 2 berturut turut adalah PA 2, PA 3, PA 4 PA 6, PA 5 dan PA 1. Sedangkan berdasarkan AHP adalah PA 2, PA 1 ,PA 5, PA 6 , PA 3 dan PA 4. Sehingga Solusi alternatif yang dikembangkan adalah PA 2, PA 3 dan PA 4.

Daftar Pustaka

- [1] S. M. Khoiroh, "Modified FMEA Dalam Manajemen Risiko Rantai Pasok Industri Budidaya Lobster Air Tawar," *Tekmapro J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 17, no. 1, pp. 85–96, Jan. 2022, <https://doi.org/10.33005/tekmapro.v17i1.265>.
- [2] I. Nyoman Pujawan and L. H. Geraldin, "House of risk: a model for proactive supply chain risk management," *Bus. Process Manag. J.*, vol. 15, no. 6, pp. 953–967, Nov. 2009, <https://doi.org/10.1108/14637150911003801>.
- [3] Y. A. Kusuma and S. M. Khoiroh, "Analysis of Village Infrastructure Project Success Factors by Considering Implementation Risks," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 351–364, May 2023, <https://doi.org/10.46574/motivecton.v5i2.228>.
- [4] J. Wolf, *The nature of supply chain management research: insights from a content analysis of international supply chain management literature from 1990 to 2006*, 1. Aufl. in Gabler Edition Wissenschaft Einkauf, Logistik und Supply Chain Management. Wiesbaden: Gabler, 2008.
- [5] M. Brunelli, *Introduction to the Analytic Hierarchy Process*. in SpringerBriefs in Operations Research. Cham: Springer International Publishing, 2015. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-12502-2>.
- [6] S. P. D. Kristiana, C. W. Oktavia, R. Magdalena, and M. A. Lilajati, "Risk Mitigation Strategies on Supply Chain PT. X," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 847, no. 1, p. 012052, Apr. 2020, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/847/1/012052>.
- [7] K. B. Pramudhita and S. Santoso, "Analysis Of Fuel Oil Supply Chain Risk Management At Jatinegara Locomotive Depo," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 141–151, Jun. 2022, <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2022.013.01.15>.
- [8] F. A. Sitaba, A. Profita, and H. D. Widada, "Pengembangan Strategi Mitigasi Risiko Rantai Pasok Produk Avtur (Studi Kasus: Pt Migas Xyz)," *ARIKA*, vol. 16, no. 2, pp. 72–82, Aug. 2022, <https://doi.org/10.30598/arika.2022.16.2.72>.
- [9] R. Laksmi and I. Djati Widodo, "Fuel distribution process risk analysis in East Borneo," *MATEC Web Conf.*, vol. 154, p. 01079, 2018, <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815401079>.
- [10] J. Ryczyński and A. A. Tubis, "Tactical Risk Assessment Method for Resilient Fuel Supply Chains for a Military Peacekeeping Operation," *Energies*, vol. 14, no. 15, p. 4679, Aug. 2021, <https://doi.org/10.3390/en14154679>.
- [11] R. Septifani, I. Santoso, and B. N. Rodhiyah, "Risk mitigation strategy of rice seed supply chains using fuzzy-FMEA and fuzzy-AHP (Case study: PT. XYZ)," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 230, p. 012059, Feb. 2019, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/230/1/012059>.